

Rancang Bangun Sistem *Charging* dan *Monitoring* Baterai pada PLTPh Berbasis IoT

^{1*} Kumala Mahda Habsari, ² Hanifah Nur Kumala Ningrum, ³ R. Jasa Kusumo Haryo, ⁴ Faisal Rachman Kuncoro

^{1*,2,3,4} Teknik Listrik, Politeknik Negeri Madiun, Kota Madiun

¹kumalamahda@pnm.ac.id, ²hanifah_nkn@pnm.ac.id, ³jasakusumo@pnm.ac.id, ⁴faisalrachmank@gmail.com

Abstract - A pico-hydro power plant (PLTPh) is a small-scale power generation system that utilizes the height difference and the amount of water discharge per second that exists in the water flow of irrigation canals, rivers and waterfalls. Uncertain natural and weather conditions at the PLTPh location, causing the water flow to become unstable and can overflow. Instability in the flow of water can also affect the performance of the generator, from the turbine and generator side. The voltage generated by the generator becomes unstable and can result in the effect of charging the battery which can damage the battery. In this study, a design and construction of a battery charging and monitoring system for PLTPh based on the Internet of Things (IoT) was created. This research aims to make battery charging and monitoring in real time using IoT technology integrated with the *thingier.io* website. The result of this study is a charging device (charger) with the non-inverting buck boost converter method. The charger can work properly by producing an output voltage according to the desired voltage set point for charging the battery, which is 14.6 volts. The sensors work fine. RPM (rotation) sensors, voltage sensors and current sensors work well with an error value difference of less than 5% during testing. The water flow sensor for measuring water discharge works well, the ultrasonic sensor works well with a 0% error value test. When the ultrasonic sensor detects the distance is less than the specified set point (10 cm), the buzzer sounds to alarm when the water overflows so that the generator does not sink. The charger relay and generator protection relay are working properly. The data read by the sensor can be displayed on the LCD and the *thingier.io* website.

Keywords — Battery Charging System, Internet Of Things, Monitoring

Abstrak—Pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPh) adalah sistem pembangkit listrik skala kecil dengan memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai dan air terjun. Kondisi alam dan cuaca yang tidak menentu pada lokasi PLTPh, mengakibatkan aliran air menjadi tidak stabil dan bisa meluap. Ketidakstabilan pada aliran air juga dapat mempengaruhi kinerja pembangkit, dari sisi turbin dan generator. Tegangan yang dihasilkan generator menjadi tidak stabil dan dapat mengakibatkan pada pengaruh pengisian daya baterai yang dapat merusak baterai. Pada penelitian ini dibuat rancang bangun sistem *charging* dan *monitoring* baterai pada PLTPh berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penelitian ini

bertujuan untuk membuat *charging* baterai dan memonitoring secara *realtime* menggunakan teknologi *IoT* yang terintegrasi dengan *website thingier.io*. Hasil dari penelitian ini adalah alat *charging (charger)* dengan metode *non inverting buck boost converter*. *Charger* dapat bekerja dengan baik dengan dihasilkan tegangan keluaran sesuai set point tegangan yang diinginkan untuk *charging* baterai yaitu 14,6 volt. Sensor-sensor bekerja dengan baik. Sensor RPM (putaran), sensor tegangan dan sensor arus bekerja dengan baik dengan memiliki selisih nilai error kurang dari 5% saat pengujian. Sensor *water flow* untuk mengukur debit air bekerja dengan baik, Sensor ultrasonik bekerja dengan baik dengan pengujian nilai *error* 0%. Ketika sensor ultrasonik mendeteksi jarak kurang dari set poin yang ditentukan (10 cm), *buzzer* berbunyi untuk *alarm* ketika air meluap agar pembangkit tidak tenggelam. *Relay charger* dan relay proteksi generator bekerja dengan baik. Data yang terbaca oleh sensor dapat ditampilkan di LCD dan *website thingier.io*.

Kata Kunci— Sistem Charging Baterai, Internet Of Things, Monitoring,

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPh) adalah sistem pembangkit listrik skala kecil yang banyak diterapkan di daerah pedesaan.[1]. Selain cocok untuk daerah pedesaan, PLTPh juga banyak diterapkan di daerah perbukitan.[2][3]. Sistem pembangkit tenaga listrik mode ini memiliki beberapa keuntungan dalam hal biaya yang minim dan konstruksi yang sederhana.[4]. PLTPh merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang paling hemat biaya untuk dapat menyediakan listrik hingga pelosok pedesaan.

Prinsip kerja dari PLTPh ialah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai dan air terjun.[5]. Energi yang dihasilkan juga dapat memungkinkan untuk aliran rendah 1 L/s dan jarak *head* yang rendah pula hingga 1 m.[6].

Pemanfaatan pembangkit ini biasanya terdapat pada saluran irigasi sawah atau selokan yang aliran airnya tidak terlalu deras. Namun, cuaca terkadang tidak selalu normal, terkadang tiba-tiba turun hujan deras dan mengakibatkan aliran air pada saluran air menjadi deras. Ketidakstabilan pada aliran air juga dapat mempengaruhi kinerja

pembangkit, dari sisi turbin dan generator. Tegangan yang dihasilkan generator menjadi tidak stabil dan dapat mengakibatkan pada pengaruh pengisian daya baterai yang dapat merusak baterai.

Perancangan pembuatan alat akan digunakan untuk pengisian baterai (*charging*) pada aki dan proteksi pada pembangkit yang dapat dikontrol serta dimonitoring. Pembangkit ini akan dikontrol dan dimonitoring menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan Node MCU Esp 8266. Data yang terekam dapat ditampilkan pada LCD dan *website* IoT (*Internet of Things*).

Diharapkan pada pembuatan alat ini, *charging* dan monitoring dapat bekeja dengan baik. *Charging* dapat digunakan untuk mengisi daya baterai dengan baik, serta monitoring berfungsi untuk memonitoring tegangan yang dihasilkan generator, tegangan *charger* baterai, arus *charger*, putaran generator, kapasitas baterai dan debit air dengan hasil yang optimal. Data yang terbaca oleh sensor bisa diamati melalui *website* dari jarak jauh melalui koneksi internet.

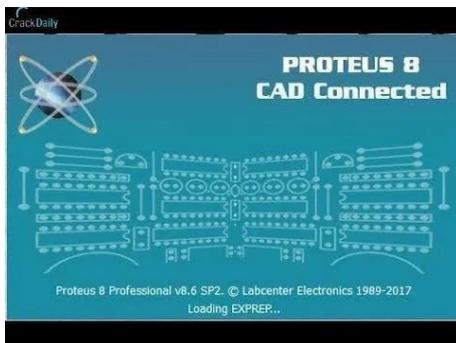
II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Rancang bangun sistem charging dan monitoring baterai pada PLTPH berbasis IoT ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut.

1. Alat

Alat yang digunakan untuk perancangan adalah software proteus. Software proteus digunakan untuk mendesain PCB dan simulasi skematik rangkaian. Proteus mengkombinasikan program ISIS untuk membuat skematik desain rangkaian dengan program ARES untuk membuat layout PCB dari skematik yang kita buat.



Gambar 1. Tampilan Software Proteus

2. Bahan

Komponen yang diperlukan untuk rancang bangun sistem charging dan monitoring baterai pada PLTPH berbasis IoT dijabarkan pada tabel 1.

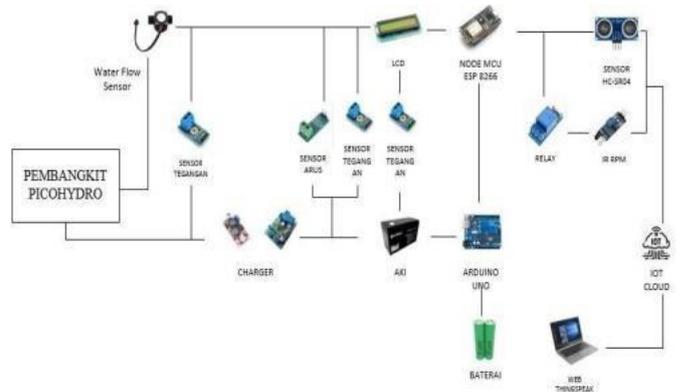
Tabel 1. Komponen

No	Komponen	Jumlah
1	Arduino	1

2	Node MCU ESP8266	1
3	Resistor	Secukupnya
4	Kapasitor	2
5	Mosfet IRFP460	2
6	Dioda	2
7	Induktor	1
8	PCB	1
9	Baterai (PB/Aki)	1
10	Jumper	Secukupnya
11	Sensor IR RPM	1
12	Sensor Ultrasonic	1
13	Water Flow Sensor	1
14	Sensor Tegangan DC	1
15	Sensor Arus DC	1
16	Relay	1
17	Lampu Indikator	1
18	Panel Box	1
19	TLP 250	1
20	Timah	Secukupnya

B. Diagram Kerja Sistem Charging dan Monitoring

Diagram kerja sistem charging dan monitoring pada PLTPH digambarkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Diagram Kerja Sistem Charging dan Monitoring PLTPH berbasis IoT

PLTPH yang dirancang merupakan pembangkit dengan turbin ulir. Sistem monitoring dan kontrol jarak jauh akan bekerja selama terdapat koneksi internet. Sistem monitoring dimulai dari tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator. Tegangan keluaran dimonitoring menggunakan sensor tegangan DC. Tegangan keluaran dari generator akan distabilkan menggunakan rangkaian *charger buck-boost converter*. Pada rangkaian *charger* terdapat *relay* yang berfungsi sebagai pemutus aliran ke baterai jika baterai telah penuh. Arus dan tegangan keluaran pada charger akan dimonitoring oleh sensor arus (ACS712) dan sensor tegangan DC. Kapasitas tegangan pada baterai akan

dimonitoring oleh sensor tegangan DC untuk mendeteksi proses *charging* baterai. Hasil pengukuran tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2 dan *Website IoT*. Pada rangkaian juga terdapat sensor *water flow* untuk mendeteksi debit air yang ada di sekitar pembangkit. Selain sensor tersebut, terdapat sensor ultrasonic yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian permukaan air. Ketika air akan meluap sensor akan bekerja sesuai set point yang di tentukan agar turbin tidak tenggelam di dalam air. Tekanan air yang tinggi akan membuat putaran turbin tidak maksimal kemudian sensor bekerja dengan membunyikan alarm atau buzzer. Alarm yang bekerja merupakan tanda untuk memindahkan pembangkit agar tidak hanyut terbawa aliran air. Kecepatan generator yang ada pada pembangkit dapat dideteksi menggunakan sensor RPM. Selain mendeteksi kecepatan, sensor RPM juga berfungsi sebagai proteksi *over speed* pada generator. Ketika RPM telah melewati *set point* yang ditentukan, relay akan menyala (*on*), selanjutnya memutuskan tegangan yang dihasilkan pembangkit. Kemudian charger baterai yang mula-mula mengisi baterai akan mati bersamaan dengan indikator charger baterai juga mati. Sehingga rangkaian pada beban (baterai) tidak rusak. Selanjutnya lampu indikator *overspeed* generator akan menyala.

Arduino digunakan sebagai pusat pengolah data pada monitoring dan pengirim data ke modul node MCU ESP 8266. Data dari modul node MCU ESP 8266 akan dikirimkan dan ditampilkan oleh website IoT oleh modul wifi.

C. Model dan Perancangan

1. Rangkaian Charger

- a. Perhitungan sistem charging baterai dengan parameter :
- Tegangan masukan minimal pada buck-boost converter adalah 7 volt.
 - Tegangan masukan maksimal pada buck-boost converter adalah 27 volt.
 - Rating tegangan charger adalah 14,4 volt
 - Rating arus charger adalah 2 A
 - Ripple tegangan keluaran sebesar 1%
 - Ripple arus induktor sebesar 10% dengan frekuensi 40kHz.

$$L = \frac{v_i \times D}{\Delta I L_{pp} \times f_{sw}} \tag{7}$$

$$L = \frac{7 \times 0,51}{0,1 \times 4 \times 40000} \tag{8}$$

$$L = 0,2 \text{ mH} \tag{9}$$

c) Perhitungan nilai kapasitor

$$C = \frac{I_o \times D}{\Delta C_{pp} \times f_{sw}} \tag{10}$$

$$C = \frac{2 \times 0,51}{0,1 \times 4 \times 40000} \tag{11}$$

$$C = 228 \mu F \tag{12}$$

ii. Perhitungan tegangan masukan 27 volt

a) Perhitungan duty cycle

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{14,4}{27} = 0,53 \tag{13}$$

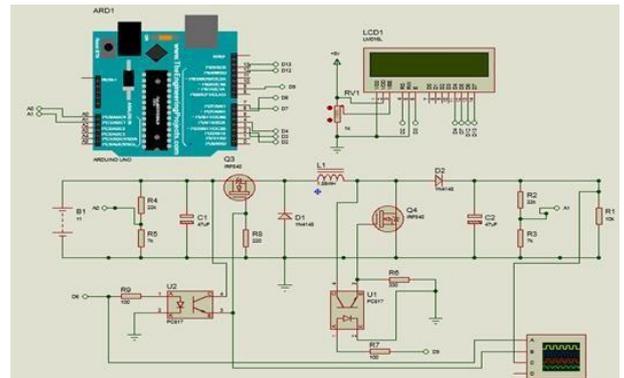
b) Perhitungan nilai induktor

$$L = \frac{V_o \times (1 - D)}{\Delta I L_{pp} \times f_{sw}} = \frac{14,4 \times (1 - 0,53)}{0,1 \times 2 \times 40000} = 0,84 \text{ Mh} \tag{14}$$

c) Perhitungan nilai kapasitor

$$C = \frac{\Delta I L_{pp}}{8 \times 14,4 \times 0,01 \times 40000} = 4,3 \mu F \tag{15}$$

b. Rancangan simulasi rangkaian charger



Gambar 3. Rangkaian Non-Inverting Buck-Boost Converter

Rangkaian charger yang dirancang merupakan rangkaian non-inverting buck-boost converter menggunakan Mosfet ORFP460 sebagai switching mode buck atau boost. Pada rangkaian ini menggunakan rangkaian driver Mosfet dengan TLP250 untuk proses switching. Tegangan keluaran pada rangkaian converter dirancang menghasilkan tegangan 14,4 – 14,8 V. Keluaran converter akan masuk pada rangkaian sebagai pengaman. Ketika baterai sudah penuh. Ketika baterai penuh, relay akan memutuskan aliran ke baterai dan pada saat bersamaan lampu indikator menyala dan buzzer berbunyi. Ketika baterai aki sudah penuh, maka dapat diganti dengan baterai aki yang kosong untuk diisi agar daya yang dikeluarkan generator tidak terbuang sia-sia.

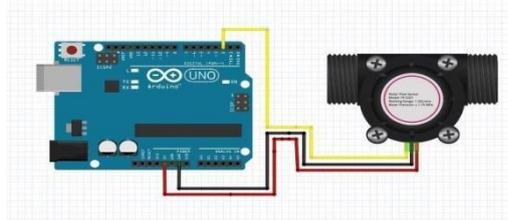
2. Desain Rangkaian pada PCB

Desain PCB untuk rangkaian charger didesain menggunakan aplikasi proteus. Desain PCB akan dicetak pada papan PCB polos.

Gambar 4. Desain Rangkaian pada PCB

3. Rangkaian Monitoring

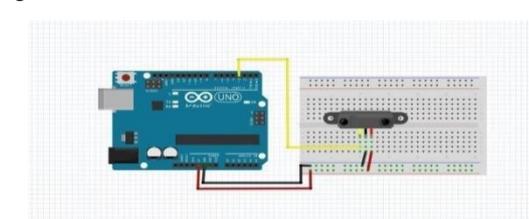
a. Rangkaian sensor water flow



Gambar 5. Rangkaian Sensor Water Flow

Rangkaian sensor water flow digunakan untuk mengukur debit air. Sensor dihubungkan ke pin 2 arduino dengan sumber VCC 5V.

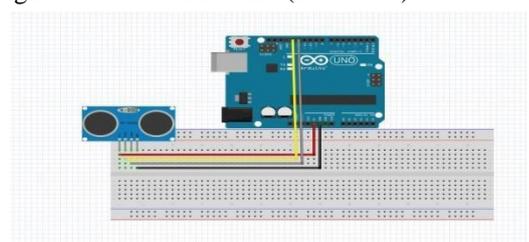
b. Rangkaian sensor IR RPM



Gambar 6. Rangkaian Sensor IR RPM

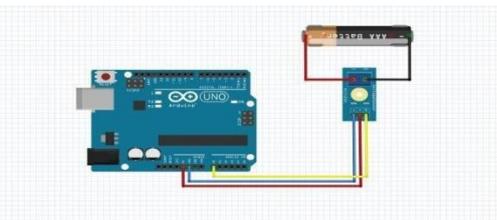
Gambar 6 merupakan rangkaian sensor IR RPM yang digunakan untuk mengukur kecepatan putaran generator. Sensor ini terhubung pada pin 3 arduino.

c. Rangkaian sensor untrasonic (HCSR-04)



Gambar 7. Rangkaian Sensor Ultrasonik

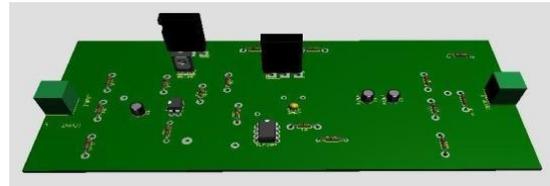
Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air dengan turbin. Sensor ini dipasang untuk mengantisipasi tenggelamnya turbin karena derasnya aliran air yang tidak dapat dikendalikan. pin Sensor ultrasonik



terhubung pada pin 11 arduino untuk trigger pin dan pin 12 pada Arduino untuk echo pin.

d. Rangkaian sensor tegangan

Gambar 8. Rangkaian Sensor Tegangan



Sensor tegangan digunakan untuk mengukur tegangan generator, tegangan kelauran charger dan tegangan baterai. Sensor tegangan terhubung pada pin analog Arduino dengan sumber VCC 5V.

e. Rangkaian Sesnsor Arus

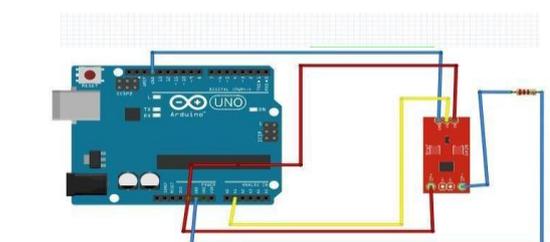
Gambar 9. Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mengukur arus keluaran charger. Sensor arus terhubung pada pin analog Arduino dengan sumber VCC 5V.

f. Rangkaian komunikasi serial (Arduino Uno dengan Node-MCU)

Gambar 10. Rangkaian Komunikasi Serial

Rangkaian komunikasi serial digunakan untuk mengirimkan data dari Arduino ke Node MCU. Kemudian, Node MCU akan mengirimkan data ke website IoT.

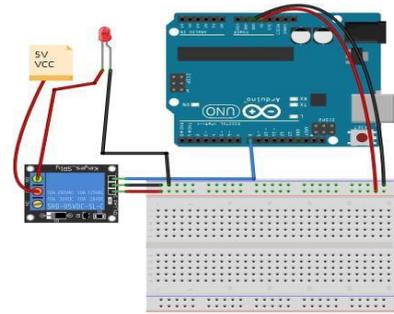


Dikarenakan node MCU hanya memiliki satu pin analog, maka dibutuhkan komunikasi serial agar pin-pin analog pada Arduino yang digunakan dapat dibaca oleh node MCU. Pin RX pada Arduino dihubungkan pada pin TX node MCU dan pin TX pada Arduino dihubungkan pada pin RX node MCU. Pin ground pada Arduino dihubungkan dengan pin ground node MCU. Setelah rangkaian komunikasi serial telah terhubung, alamat sensor dapat dimasukkan pada board Arduino dan data dari sensor-sensor tersebut akan dikirim ke board node MCU.

g. Rangkaian kontrol relay

Gambar 11. Rangkaian Kontrol Relay

Relay pada rangkaian ini berfungsi sebagai kontrol cut-off ketika baterai aki telah penuh. Selain itu, rangkaian kontrol relay juga berfungsi sebagai kontrol pengaman untuk memutuskan aliran suplai dari generator ke rangkaian charger ketika generator berputar diatas 500 rpm. Hal ini bertujuan agar rangkaian charger aman dari suplai tegangan yang berlebihan.

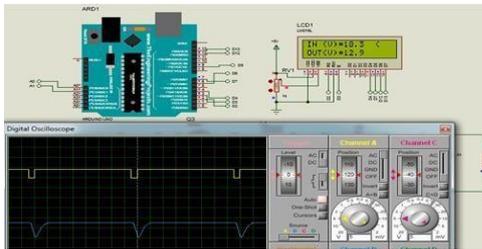


III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Rangkaian

1. Simulasi Rangkaian Converter Mode Buck

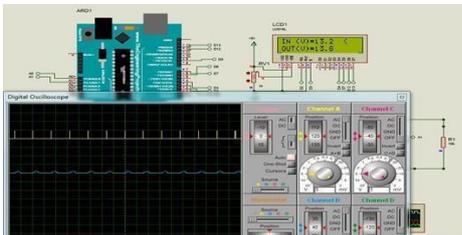
Pada simulasi dihasilkan tegangan keluaran sebesar 12,9 VDC. Tegangan keluaran yang dihasilkan berhasil diturunkan sesuai prinsip kerja mode buck.



Gambar 12. Hasil Simulasi Rangkaian Converter Mode Buck

2. Simulasi Rangkaian Mode Boost

Simulasi rangkaian converter mode boost berhasil dilakukan. Simulasi ini menghasilkan tegangan keluaran sebesar 13,8 VDC. Tegangan keluaran yang dihasilkan lebih besar daripada tegangan masukan. Simulasi ini berhasil dijalankan sesuai dengan prinsip kerja converter mode boost. Secara lebih jelas hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil Simulasi Rangkaian Converter Mode Boost

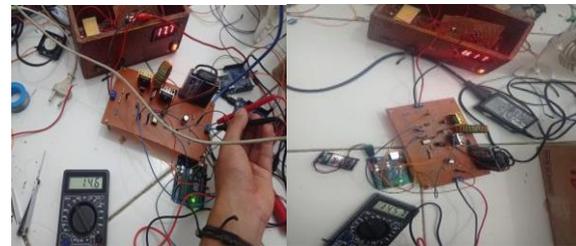
B. Hasil Rancang Bangun Sistem Charging dan Monitoring Baterai pada PLTPH



Gambar 14. Alat Sistem Charging dan Monitoring Baterai pada PLTPH

Rancang bangun sistem charging dan monitoring baterai pada PLTPH berbasis IoT berhasil dibuat seperti pada gambar 14. pada alat ini terdapat rangkaian charger dan rangkaian monitoring pembangkit listrik tenaga pikohidro berbasis IoT.

Rangkaian charger pada alat ini menghasilkan tegangan yang dibutuhkan oleh charger baterai yaitu sebesar 12 volt. Dengan set point tegangan keluaran 14,0 – 14,9 volt, dapat dihasilkan tegangan pada mode buck sebesar 14,6 volt dan mode boost sebesar 14,57 volt. Tegangan yang dihasilkan ini dapat digunakan untuk charger baterai. Secara jelas pengujian rangkaian charger ditunjukkan pada gambar 15 dan 16.



Gambar 15. Pengujian Rangkaian Charger

Alat monitoring baterai pada penelitian ini juga berhasil dirancang dan dibangun. Pembacaan data pada tiap-tiap sensor dapat ditampilkan pada website IoT. Secara lebih jelas, tampilan website IoT ditunjukkan pada gambar 16.



Gambar 16. Tampilan Pembacaan Data pada Website IoT

C. Pengujian

1. Pengujian Alat Monitoring pada PLTPH Berbasis IoT

Pengujian alat monitoring pada PLTPH berbasis IoT ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur dengan hasil pengukuran pada rangkaian monitoring yang terupload pada website IoT. Pengujian yang dilakukan diantaranya :

a. Pengujian Sensor Tegangan DC Pada Generator

Hasil pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 2 dan gambar 17. Pada tabel 2 ditunjukkan bahwa error terbesar yang dihasilkan sebesar 1,55% dan error terkecil sebesar 0,22%.



Gambar 17. pengujian sensor tegangan

Tabel 2. Hasil pengujian sensor tegangan

Alat Ukur (v)	Monitoring (v)	Selisih (v)	Error (%)
17,9	17,6	0,28	1,55
22,6	22,3	0,22	0,22
26,8	26,4	0,31	1,15

b. Pengujian sensor tegangan DC pada charger

Tabel 3. Pengujian Tegangan DC pada Charger

Alat Ukur (v)	Monitoring (v)	Selisih (v)	Error (%)
14,2	14,15	0,08	0,56
14,6	14,19	0,49	3,33
14,3	14,26	0,12	0,83

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat error antara pembacaan alat ukur dan monitoring tidak terlalu jauh. Di dapatkan error terbesar sebesar 3,33% dan error terkecil sebesar 0,56%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tegangan telah layak dan bekerja dengan baik. Pengujian tegangan DC pada charger juga dapat dilihat secara jelas pada gambar 18.



Gambar 18. Pengujian Sensor Tegangan DC Pada Charger

c. Pengujian sensor tegangan DC pada baterai

Dari hasil pengujian yang terdapat pada gambar 19 dihasilkan data pengujian dari sensor tegangan. Prosentase

diperoleh dari hitungan ((Tegangan baterai / 14,4) x 100 %). pada tabel 3 menunjukkan hasil pengujian dengan error antara pembacaan alat ukur dan monitoring tidak terlalu jauh. Di dapatkan error terbesar sebesar 1,13% dan error terkecil sebesar 0%. Kapasitas baterai penuh 100%.

Tabel 4. Data Pengujian Tegangan DC pada Baterai

Alat (v)	Monitoring (v)	Kapasitas (v)	Selisih (v)	Error (%)
10,8	10,7	75	0,09	0,5
12,2	12,1	80	0,13	3,33
14,4	14,4	100	0	0



Gambar 19. Pengujian Sensor Tegangan DC

d. Pengujian sensor arus DC

Tabel 5. Pengujian Sensor Tegangan DC

Alat Ukur (A)	Monitoring (A)	Selisih (A)	Error (%)
0,58	0,43	0,15	2,5
0,38	0,38	0	0

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian pada sensor tegangan DC.

e. Pengujian sensor water flow



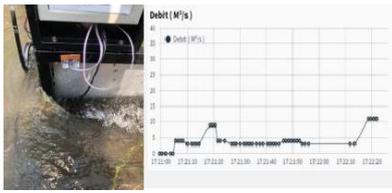
Gambar 20. Pengujian Sensor IR RPM

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Sensor IR RPM

Alat Ukur (rpm)	Monito ring (rpm)	Selisih (rpm)	Ero r (%)
162,7	162	0,7	0,43
267,5	265	2,5	0,93
340	338	2	0,58

Dari Tabel di atas dapat dilihat error antara pembacaan alat ukur dan monitoring tidak terlalu jauh. Di dapatkan error terbesar 0,93% dan error terkecil sebesar 0,43%

f. Pengujian sensor water flow



Gambar 21. Pengujian Sensor Water Flow

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 7 dapat dilihat eror antara serial monitor arduino dengan monitoring sebesar 0%.

Tabel 7. Pengujian Sensor Water Flow

Alat Ukur (m ³ /s)	Monitorin g (m ³ /s)	Selisi h (m ³ /s)	Ero r (%)
0,08	0,08	0	0
0,16	0,16	0	0
2,16	2,16	0	0

2. Pengujian Rangkaian Sistem Charging dan Monitoring Baterai pada PLTPh berbasis IoT

Pengujian rangkaian ini dilakukan untuk mengetahui cara kerja dari alat secara keseluruhan dari alat sistem *charging* baterai dan monitoring PLTPh berbasis *IoT*. Cara kerja alat ini meliputi pengukuran tegangan generator, tegangan output dari *charger*, kapasitas baterai, putaran (rpm) generator, debit air dan jarak pembangkit dengan permukaan air. adapun langkah- langkah pengujian sebagai berikut :

1. Menghubungkan alat pada aki atau baterai, menghubungkan alat pada sumber generator.
2. Hubungkan Node MCU dengan jaringan wifi yang sudah ada, pastikan jaringan internet stabil.
3. Buka web thinger io terlebih dahulu pada laptop atau hp.
4. Amati pembacaan data sensor pada web IoT

Data pengujian dari alat ditunjukkan pada tabel 8. Dari tabel 8 ditunjukkan bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dan dapat merekam data-data yang ditampilkan pada website IoT.

Tabel 8. Pengujian Tampilan Website IoT

V.Generator	V. Charger	A.Charger	Rpm Generator	Baterai	T.a ir	D. Air
13,7	13,8	0,33	191	80	22	0,1
14,7	13,9	0,35	200	80	22	0,2
16,8	14,1	0,38	223	81,5	22	0,3

IV. KESIMPULAN

1. Sistem *charging* baterai pada pembangkit dibuat dengan metode *non inverting buck boost converter*. Ketika tegangan input melebihi set poin tegangan untuk charger baterai (14 volt), mosfet mode *buck* bekerja. Sebaliknya, ketika tegangan input kurang dari

set poin tegangan 14 volt, mosfet mode *boost* bekerja. Hasil dari pengujian alat dengan menggunakan power supply adalah tegangan output yang dihasilkan pada mode *buck* sebesar 14,6 volt, dan mode *boost* sebesar 14,9. Rangkaian *charger* diuji dengan suplai tegangan dari pembangkit menghasilkan tegangan output 13,73 volt dengan input tegangan 17,23 volt. Rangkaian *charger* dapat bekerja dengan baik dengan menghasilkan tegangan yang cukup untuk *charging*.

2. Website IoT yang digunakan pada monitoring adalah *thinger.io*. Data sensor pada *website IoT* ditampilkan dengan cara serial komunikasi menggunakan Node MCU. Pada *website IoT* akan ditampilkan data sensor. Untuk sensor tegangan (generator, *charger*) berupa tampilan *text/value*, sensor arus berupa tampilan *text/value*, kapasitas baterai dengan tampilan *gauge*, debit air dengan tampilan grafik, rpm generator dengan tampilan tachometer. Pada tampilan *website IoT*, dihasilkan pembacaan sensor yang cukup tepat, dan terdapat selisih yang sedikit antara pembacaan data sensor pada *website IoT* dengan alat ukur. Terdapat *delay* pada tampilan *website* dikarenakan koneksi internet, namun data sensor tetap dapat muncul pada tampilan *website IoT*.
3. Fungsi dari sensor saat pengujian alat bekerja dengan baik. Sensor tegangan dapat mengukur tegangan generator, *charger*, dan kapasitas baterai dengan baik. Dihasilkan selisih pembacaan sensor dengan alat ukur sebesar 0-2 volt. Sensor rpm dapat mengukur rpm generator dengan baik, dengan selisih pembacaan sensor dan alat ukur sebesar 0,7 – 2,5 rpm. Sensor arus dapat mendeteksi arus *charger* dengan baik, dengan selisih pembacaan pada *website IoT* dan sensor sebesar 0,15 A. sensor *water flow* mengukur debit air dengan baik, dengan tidak terdapat selisih pembacaan antara sensor dan *website IoT*. Sensor ultrasonik dapat mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air dengan baik, dengan tidak terdapat selisih antara pembacaan sensor dan alat ukur. *Buzzer* bekerja dengan baik, *buzzer* berbunyi saat sensor ultrasonik mendeteksi jarak kurang dari (10 cm). *Buzzer* digunakan sebagai alarm agar pembangkit tidak tenggelam ketika air meluap. Relay *charger* dan proteksi generator bekerja dengan baik.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Khomsah, Sudjito, Wijono, and A. S. Laksono, "Pico-hydro as A Renewable Energy: Local Natural Resources and Equipment Availability in Efforts to Generate Electricity," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 462, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012047.
- [2] P. Maher and N. Smith, "PICO HYDRO FOR

- VILLAGE POWER A Practical Manual for Schemes up to 5 kW in Hilly Areas,” *Development*, no. May, 2001.
- [3] I. P. Ardana and L. Jasa, “Pemanfaatan Saluran Irigasi untuk pembangkit Piko Hidro di dusun Pagi Penebel Tabanan,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 1, pp. 75–78, 2016, doi: 10.24843/mite.1501.13.
- [4] H. Zainuddin, M. S. Yahaya, J. M. Lazi, M. F. M. Basar, and Z. Ibrahim, “Design and development of pico-hydro generation system for energy storage using consuming water distributed to houses,” *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 59, no. November, pp. 154–159, 2009.
- [5] N. Alipan, “Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro Dengan Memanfaatkan Alternator Untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 59–70, 2018, doi: 10.21831/jee.v2i2.22457.
- [6] A. A. Lahimer, M. A. Alghoul, K. Sopian, N. Amin, N. Asim, and M. I. Fadhel, “Research and development aspects of pico-hydro power,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 8, pp. 5861–5878, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2012.05.001.